PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 11. 1. Juni 1922. 23. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 13 am 10. Juni 1922.

INHALT.

Originalmitteilungen:

W. H. Keesom, Die Berechnung der molekularen Quadrupolmomente aus der Zustandsgleichung. S. 225.

K. Noack, Eine eigentümliche Beugungsinterferenz. S. 228.

A. Steichen, Versuche über das Nachleuchten von Röhren mit verdünnten Gasen. S. 229.

E. Weigert, Über polarisiertes Fluoreszenzlicht. S. 232.

G. C. Schmidt, Polarisierte Fluoreszenz von Farbstofflösungen. S. 233.

Besprechungen:

G. Tammann, Aggregatzustände. S. 235.

W. Skirl, Meßgeräte und Schaltungen für Wechselstromleistungsmessungen. S. 236.

K. Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik. S. 236.

H. Rein, Radiotelegraphisches Praktikum. S. 236.

R. Ulbricht, Das Kugelphotometer. S. 237.

M. v. Rohr, Die binokularen Instrumente. S. 237.

F. P. Liesegang, Wissenschaftliche Kinematographie. S. 237.

Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. S. 238.

F. Förster, Elektrochemie wässeriger Lösungen. S. 239.

W. Wien, Aus der Welt der Wissenschaft. S. 239.

P. Meth, Theorie der Planetenbewegung. S. 239.

E. Grimsehl, Lehrbuch der Physik. S. 239.

Vorlesungsverzeichnis f. das Sommersemester 1922. S. 240.

Tagesereignisse. S. 240.

Personalien. S. 240.

Gesuche. S. 240.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Berechnung der molekularen Quadrupolmomente aus der Zustandsgleichung.

Von W. H. Keesom.

§ 1. Einleitung. Das erste Glied, das in der Entwicklung des Potentials im Felde der elektrischen Ladungen eines rotationssymmetrischen homopolaren Moleküls nach Potenzen von r^{-1} auftritt, kann als von einem zonalen Quadrupol herrührend aufgefaßt werden.

Die molekulare Anziehung in zweiatomigen homopolaren Gasen ist, jedenfalls insoweit das aus der Untersuchung der Zustandsgleichung, speziell für Wasserstoff, folgt, bei höheren Temperaturen und in verdünntem Gaszustand, in erster Näherung einem solchen Quadrupolglied im molekularen Kraftfelde zu verdanken. Daß dabei schließlich eine Anziehung auftritt, ist die Folge von 2 Ursachen: 1. daß zwei Moleküle bei gegenseitiger Näherung sich so zu richten bestreben, daß sie einander anziehen, 2. daß bei gegenseitiger Näherung von zwei Molekülen die Ladungen in dem einen Molekül unter der Wirkung der Ladungen des anderen Moleküls sich derart verschieben, daß infolge dieses Umstandes eine Anziehung entsteht.

So weit sind Debye[1]) und der Verfasser[2]) einig[3]). Ein Meinungsunterschied besteht aber bezüglich der Größen der Quadrupolmomente[4]), welche den Molekülen der betrachteten Gase (Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff) zugeschrieben werden müssen.

Der Verf. leitete die Quadrupolmomente ab aus den experimentell bestimmten zweiten Virialkoeffizienten der genannten Gase bei geeigneten Temperaturen, indem er dieselben verglich mit der für feste Quadrupole, also bei Fortlassung der unter 2. genannten Verschiebung der Ladungen abgeleiteten Abhängigkeit des zweiten Virialkoeffizienten von der Temperatur. Später[5]) zeigte er, daß der Einfluß der Verschiebungen der Ladungen bei diesen Temperaturen gering ist verglichen mit dem der Anziehung, die von den festen Quadrupolen herrührt. Daraus folgt, daß die Werte, welche man für die Quadrupolmomente aus den experimentellen Daten ableitet, dadurch daß man die Verschiebungen der Ladungen mit in Rechnung zieht, keine bedeutenden Änderungen erfahren werden.

Dagegen kommt Debye, indem er einer

---

1) P. Debye, diese Zeitschr. **22**, 302, 1921. Bemerkenswert ist die Anwendung dieser Betrachtungen durch Debye auf einatomige Gase, wo das unter 1. genannte Richten der Moleküle fortfällt und nur die Anziehung infolge der unter 2. genannten Polarisation der Moleküle übrig bleibt. Vgl. hierfür F. Zwicky, diese Zeitschr. **22**, 419, 1921. Inzwischen sei bemerkt, daß bei dieser Anwendung ein Quadrupolglied im Felde des einatomigen Moleküls führt zu einem mittleren Werte der potentiellen Energie zweier solcher Moleküle proportional r^{-5} (ein Dipolglied würde liefern r^{-6}), während hingegen die Beobachtungen für Argon mehr sprechen zugunsten von r^{-6} oder r^{-7} (Wasserstoff unterhalb des Boylepunktes r^{-6}), vgl. Leiden Suppl. Nr. 26, § 3, Versl. Akad. Amsterdam, Okt. 1912, S. 678.

2) Diese Zeitschr. **22**, 129, 1921.

3) Wo Debye (in der oben zitierten Arbeit) sich in diesem Sinne so klar ausgesprochen hat, scheinen Äußerungen wie die Falkenhagens, diese Zeitschr. **23**, 87, 1922, als bestünde noch ein prinzipieller Meinungsunterschied, wenig angebracht.

4) Bei einem Molekül, das nicht rotationssymmetrisch ist (und kein Dipolmoment hat), tritt ein mittleres Quadrupolmoment an die Stelle, vgl. Debye, l. c.

5) §§ 17, 18 der zitierten Arbeit.

anderen Rechnungsweise folgt, zu bedeutend höheren Werten[1]) für die Quadrupolmomente, und er meint aus verschiedenen Gründen, diese höheren Werte vorziehen zu müssen.

Wie der Verf. schon kurz andeutete[2]), kann er sich dieser Meinung nicht anschließen. Dieses wird in § 2 näher ausgeführt. Sodann werden weitere Rechnungen mitgeteilt bezüglich der Frage, welchen Einfluß das Inrechnungziehen der Polarisierbarkeit der Moleküle auf den Wert hat, den man für das Quadrupolmoment ableitet. Dabei wird sich ergeben, daß tatsächlich dieser Einfluß, wie erwartet, gering ist.

§ 2. Debye gründet seine Meinung, daß die Polarisation, welche die Moleküle wegen ihrer gegenseitigen Wirkung erfahren, eine bedeutende Rolle spielt, hauptsächlich auf die Werte der Koeffizienten der mittleren reduzierten Zustandsgleichung. Als aber Kamerlingh Onnes diese mittlere Zustandsgleichung behufs einer systematischen Zusammenfassung und Diskussion des Beobachtungsmaterials und der Abweichungen vom Gesetz korrespondierender Zustände aufstellte, hob er zugleich nachdrücklich hervor[3]), daß dieselbe für keinen einzigen Stoff mit der wirklichen reduzierten Zustandsgleichung zusammenfallen wird. Sie würde dieses nur dann tun, falls die Stoffe, welche die Daten für die Ableitung der mittleren reduzierten Zustandsgleichung geliefert haben, genau dem Gesetz korrespondierender Zustände folgen würden. Dieses ist nun, besonders was Wasserstoff im Vergleich mit Stickstoff und Sauerstoff betrifft, welche Gase gerade die Daten geliefert haben für die höheren reduzierten Temperaturen, die für unser Problem die größte Bedeutung haben, keineswegs der Fall.

Dieses wird unter anderen sehr deutlich demonstriert durch die Tatsache, daß man, um für die großen Volumen und für das Gebiet reduzierter Temperaturen, das dem Temperaturgebiet entspricht, in dem Amagat seine Messungen an O_2 und N_2 ausgeführt hat, die reduzierte Zustandsgleichung von H_2 mit denen von O_2 und N_2 zusammenfallen zu lassen, als kritische Reduktionstemperaturen des Wasserstoffs 43 wählen muß[4]), während dagegen die kritische Temperatur des Wasserstoffs 33 ist. Es ist nun ohne weiteres klar, daß die Temperaturfunktion, welche den reduzierten zweiten Virialkoeffizienten $\mathfrak{B}$ darstellt als Funktion der reduzierten Temperatur t, falls sie, wie das bei der mittleren reduzierten Zustandsgleichung der Fall ist, dadurch erhalten ist, daß man die für H_2 abgeleiteten Werte mit denen von O_2, N_2 usw. aneinanderreiht, und dabei für H_2 gleichwie für O_2 und N_2 mit experimentellen Werten von T_k reduziert, einen bedeutend andersartigen Verlauf zeigen kann, als dem Verhalten eines einzigen dieser Stoffe für sich entspricht.

Für die Behandlung von Fragen, wie die hier besprochene, ist also die mittlere reduzierte Zustandsgleichung weniger geeignet.

Besser wäre es, auszugehen von der speziellen reduzierten Zustandsgleichung von Wasserstoff[1]). Indessen würde beim in Frage stehenden Problem auch die spezielle Zustandsgleichung nur in dem Fall zu richtigen Resultaten führen können, wenn sie besonders bei hohen Temperaturen an das Experiment angeschlossen sein würde. Dieses ist aber nicht der Fall. Die an die Messungen von Kamerlingh Onnes und Braak angeschlossene spezielle Zustandsgleichung gibt z. B.

$$B_\infty = 0{,}000893.$$

Dieser Wert ist aber höher, als man aus der direkten graphischen Extrapolation der individuellen aus den genannten Messungen folgenden Werte von B erwarten darf. Daraus folgt, daß auch diese spezielle Zustandsgleichung bei der von Debye gefolgten Rechnungsweise einen zu großen Wert für das Quadrupolmoment liefern muß.

Besser achte ich die Methode der Berechnung, die von mir in der vorigen Mitteilung gefolgt ist: die theoretisch abgeleitete Entwicklung für B soweit durchzuführen[2]), bis sie ein genügend großes Gebiet, in dem Messungen ausgeführt sind, umfaßt, dann jene Entwicklung mit den experimentellen Daten zu vergleichen, und so z. B. den Wert des Quadrupolmomentes abzuleiten.

§ 3. Weitere Entwicklung des zweiten Virialkoeffizienten für kugelförmige polarisierbare Quadrupolmoleküle. Um bei

1) Auch für Wasserstoff, vgl. diese Zeitschr. **22**, 643, 1921.

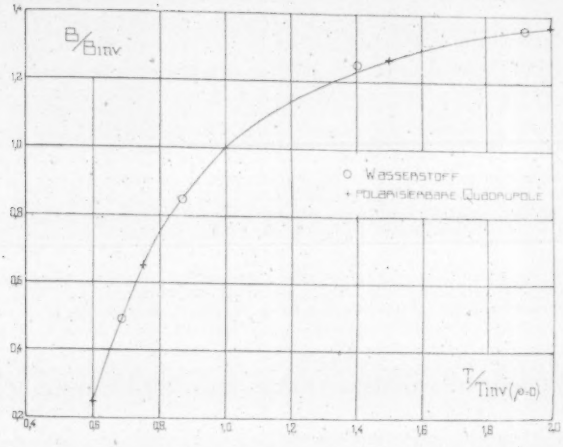
2) Diese Zeitschr. **22**, 643, 1921.

3) Siehe z. B. Leiden. Komm. Nr. 74, § 4, 1901.

4) H. Kamerlingh Onnes u. C. Braak, Leiden. Komm. Nr. 97b, S. 39; H. Kamerlingh Onnes u. W. H. Keesom, Die Zustandsgleichung. Math. Enz. V 10, Fußn. 399.

1) Leiden. Komm. Nr. 109a, § 7. Versl. Akad. Amsterdam, März 1909.

2) Selbstredend erkenne ich die Beschwerden, die Debye in § 5 seiner zitierten Abhandlung hervorbringt, als richtig an. Dieselben zeigen, daß die so erhaltenen Resultate nur mit Vorbehalt angenommen werden können, wie dieses in § 14, diese Zeitschr. **22**, 129, 1921, nachdrücklich von mir hervorgehoben wurde. All dieses macht genaue Messungen des zweiten Virialkoeffizienten bei höheren Temperaturen dringend erwünscht. Indessen scheint es mir nicht ganz ohne Interesse, daß man mit den hier gemachten vereinfachenden Voraussetzungen (quadrupolare Wirkung, noch keine Quantenabweichungen, Zusammenstöße wie von harten Kugeln) im betrachteten Temperaturgebiet einen so guten Anschluß an die vorhandenen experimentellen Daten bekommt.



der Ableitung des Quadrupolmomentes den Einfluß der Polarisierbarkeit der Moleküle in Rechnung ziehen zu können, ist die (diese Zeitschr. **22**, 129, 1921[1]), § 17) angefangene Entwicklung um ein paar Terme ausgedehnt worden. Dabei kann man mit Vorteil die l. c., § 4 gegebenen Formeln verwenden. Indem man Gl. (18) l. c. muliplizier mit:

$$X = \sin^4\Theta_1 + \sin^4\Theta_2 + 4\cos^4\Theta_1 + 4\cos^4\Theta_2 \quad (1)$$

(l. c. Gl. (41), man ersetze da[2]) Ψ durch X), so bekommt man, der l. c. verwendeten Bezeichnung folgend:

$$[\Psi^n X] = 2\pi\,[A^n X] + \binom{n}{2}[A^{n-2}B^2 X]\,[\cos^2\varphi] + \binom{n}{2}[A^{n-2}C^2 X]\,[\cos^2 2\varphi] + \binom{n}{2}\binom{3}{1}[A^{n-3}B^2 C\,X]\,[\cos^2\varphi\cos 2\varphi] \text{ usw.} \quad (2)$$

Mit

$$\sin^4\Theta_1 + 4\cos^4\Theta_1 = A_1^2 + 4B_1^2 \quad (3)$$

(siehe l. c. Gl. (19)), findet man:

$$[A^\rho B^{2q} C^r X] = 2^{\rho+8q+1}\,[A_1^\rho B_1^{2q} C_1^r] + \{[A_1^{\rho+2} B_1^{2q} C_1^r] + 4\,[A_1^\rho B_1^{2q+2} C_1^r]\}. \quad (4)$$

Wenn man jetzt die Gl. (21), (22), (23) l. c. anwendet, und die erhaltenen Werte substituiert in Gl. (45) l. c., so folgt schließlich:

$$B = \tfrac{1}{2}n\cdot\tfrac{1}{3}\pi\sigma^3\left\{1 - 1{,}0667\,(hv)^2 + 0{,}1741\,(hv)^3 - 0{,}4738\,(hv)^4 + 0{,}6252\,(hv)^5 \ldots - 2{,}4\frac{a}{\sigma^3}hv\,[1 + 1{,}0667\,(hv)^2 - 0{,}3641\,(hv)^3 + 0{,}2267\,(hv)^4 \ldots]\right\} \quad (5)$$

§ 4. Wasserstoff. Substituieren wir für Wasserstoff $\frac{a}{\sigma^3} = 0{,}0640$ (§ 18 l. c.), so wird:

$$B = \tfrac{1}{2}n\cdot\tfrac{1}{3}\pi\sigma^3\{1 - 0{,}1536\,hv - 1{,}0667\,(hv)^2 + 0{,}0103\,(hv)^3 - 0{,}4179\,(hv)^4 + 0{,}5904\,(hv)^5 - 0{,}2360\,(hv)^6 + 0{,}1355\,(hv)^7 - 0{,}1079\,(hv)^8 + 0{,}0593\,(hv)^9 \ldots\} \quad (6)$$

Für den Joule-Kelvin-Inversionspunkt für kleine Dichten findet man hieraus (vgl. § 6 l. c.):

$$hv_{inv\,(\varrho=0)} = 0{,}503. \quad (7)$$

Hiermit umrechnend auf $t_{(inv)}$:

$$B = B_\infty\{1 - 0{,}0773\,t_{(inv)}^{-1} - 0{,}2699\,t_{(inv)}^{-2} + 0{,}01311\,t_{(inv)}^{-3} - 0{,}02675\,t_{(inv)}^{-4} - 0{,}01901\,t_{(inv)}^{-5} - 0{,}00382\,t_{(inv)}^{-6} + 0{,}00110\,t_{(inv)}^{-7} - 0{,}00042\,t_{(inv)}^{-8} + 0{,}00011\,t_{(inv)}^{-9} \ldots\} \quad (8)$$

Hiermit wird bei $T = 0{,}6\,T_{inv\,(\varrho=0)}$ eine Genauigkeit von etwa 1 Proz. (von B_∞) erhalten. Folgende Tabelle gibt einige aus (8) berechnete Werte.

1) Weiter angedeutet mit l. c.
2) Sowie auch das erste Ψ in Gl. (45) l. c.

$\frac{T}{T_{INV}(\varphi=0)}$	$\frac{B}{B_\infty}$	$\frac{B}{B_{INV}}$
0.6	0,160	0,240
0,75	0,426	0,650
1	0,655	1
1,5	0,829	1,266
2	0,895	1,366
3	0,944	1,411
4	0,963	1,470

In der Figur sind diese Werte zugleich mit den experimentellen Daten nach Kamerlingh Onnes und Braak dargestellt. Über das ganze betrachtete Temperaturgebiet ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung.

Wie l. c. § 7 erhalten wir weiter: für σ denselben Wert wie dort, hingegen

$$v = 1{,}34 \times 10^{-14}$$

und das Quadrupolmoment:

$$\mu_2 = 1{,}10 \times 10^{-26} \text{ [elektrost. Einh.} \times \text{cm}^2\text{]}.$$

Tatsächlich finden wir also für das Quadrupolmoment des H_2, wie l. c. § 18 erwartet wurde, einen Wert, der nur wenig verschieden ist von dem Wert $1{,}17 \times 10^{-26}$, der aus den damaligen Berechnungen folgte[1]).

Man leitet für μ_2 weiter leicht folgende Beziehung ab:

$$\mu_2^2 = 9{,}19 \times 10^{-17} \cdot \sigma^5 \, T_{INV(\varphi=0)}. \qquad (9)$$

Der in § 2 genannten Gründe wegen muß ich diese Gleichung der Gl. (6) von Debye vorziehen.

§ 5. Sauerstoff und Stickstoff. Für Sauerstoff wird Gl. (8) auch angewendet werden können. Für Stickstoff sind die Koeffizienten etwas verschieden.

Wir sehen aber vorläufig von einer näheren Berechnung der Quadrupolmomente dieser Gase ab, weil dieselben, unter anderem wegen des relativ kleinen Temperaturgebietes, für das bezüglich dieser Gase Daten für B vorhanden sind (l. c. § 11), doch nur mit ziemlich großer Unsicherheit abgeleitet werden können und also die relativ kleine Änderung, welche das Inrechnungziehen der Polarisierbarkeit der Moleküle verursachen würde, von keiner großen Bedeutung ist.

1) Vgl. die Berichtigung diese Zeitschr. **22**, 643, 1921.

Utrecht.

(Eingegangen 10. April 1922.)

Eine eigentümliche Beugungsinterferenz.

Von Karl Noack.

(Mit Tafel IX.)

Wenn man bei dem Villardschen Beugungsversuch[1]) den beugenden Pinsel durch die Klinge einer Rasiermaschine mit vollkommen unbeschädigter Schneide ersetzt, das direkte Licht in der vorgeschriebenen Weise abblendet und das Projektionsbild mit einer guten, nicht zu schwachen Lupe betrachtet, anstatt es auf einem Schirm aufzufangen, so wird man durch eine eigentümliche Interferenzerscheinung überrascht. Statt des erwarteten vergrößerten Bildes der leuchtenden Schirmkante erblickt man ein breites der Schirmkante paralleles Lichtband, das der Länge nach von scharfen, äquidistanten Interferenzstreifen durchzogen und beiderseits von mehr oder minder deutlichen Beugungsfransen überdeckt und gesäumt ist (vgl. die Figur). Die Erscheinung ist unabhängig von der Form der lichtgebenden Öffnung, die ebensogut ein Kreisloch wie ein Spalt sein kann; sie erfordert sorgfältige Zentrierung der einzelnen Teile der Versuchsanordnung und wird unter Umständen bei Anwendung eines Rotfilters deutlicher.

1) Auf Wunsch der Redaktion teile ich für Leser, denen dieser schöne Schauversuch nicht bekannt sein sollte, kurz das Wesentliche mit. Näheres findet man bei: Abraham, Recueil d'Expériences élémentaires de Physique, II, 145; Rosenberg, Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr., herausgeg. v. Poske **31**, S. 72; Noack, ebendaselbst, **35**, 24.

1. Der Kondensator einer schwach konvergentes Licht aussendenden Projektionslampe ist bis auf eine kleine Öffnung, z. B. ein Kreisloch von 10 mm Durchmesser, abgedeckt; um ihre doppelte Brennweite entfernt ist eine achromatische Sammellinse mit schwarzem Kartonrand aufgestellt und erzeugt auf einem einige Meter entfernten Projektionsschirm eine gleichmäßig beleuchtete Kreisfläche.

2. Im konjugierten Bildpunkt wird ein Schirmchen von schwarzem Maskenpapier von der Gestalt der lichtgebenden Öffnung, aber um Bruchteile eines Millimeters größer, aufgestellt; auf ihm erscheint das Bild der Öffnung in natürlicher Größe, es schirmt alles aus der Kondensatoröffnung austretende und durch die Linse gesammelte Licht ab, so daß der Projektionsschirm gleichmäßig dunkel erscheint; der Ort des Schirmchens wird genau markiert und dasselbe beiseite gestellt.

3. Zwischen Kondensator und Linsenbrennpunkt wird ein feiner Pinsel mit gespreizten Haaren in solcher Entfernung von der Linse aufgestellt, daß dieselbe sein scharfes vergrößertes Bild, dunkel auf hellem Grund, auf dem Projektionsschirm entwirft (Schattenriß).

4. Das Blendenschirmchen wird wieder genau an den markierten Ort gebracht; an Stelle des schwarzen Pinselbildes in hellem Feld erscheint ein identisches, helles auf dunkelem Grund.

Erklärung. Die direkten, durch die Linse hindurchgegangenen Strahlen werden von dem Schirmchen aufgefangen und gelangen nicht an den Projektionsschirm; die an den einzelnen Haaren gebeugten Strahlen gehen nach dem Durchgang durch die Linse an dem Schirmrand vorbei und bilden den Pinsel hell auf dunkelem Grund ab; auf den Projektionsschirm gelangt nur gebeugtes Licht.

Der ganzen Anordnung nach kann es sich nur um eine Interferenz zwischen den beiden an der Schirmkante nach innen und nach außen gebeugten Lichtbüscheln handeln, die durch die Wirkung der Linse am gleichen Ort vereinigt werden. In der Tat zeigt sich bei genauer Beobachtung, daß an der Stelle des Gesichtsfeldes, wo im nicht abgeblendeten Licht der Schattenrand der Rasierklinge liegt, also in der Mitte des Lichtbandes, nach erfolgter Abblendung ein Minimum erscheint, entsprechend dem Umstand, daß zwischen den beiden Büscheln ein Phasenunterschied vom Betrag π besteht. Eine weitere Bestätigung findet diese Ansicht, wenn man die abbildende Linse zur Hälfte mit einem Schirm von schwarzem Papier mit senkrechter Kante abblendet; blendet man das nach innen gebeugte Licht ab, indem man die entsprechende Linsenhälfte zudeckt, so verschwinden die Interferenzstreifen im Lichtband, es bleiben aber die äußeren Beugungsfransen und umgekehrt. Dementsprechend zeigt sich eine Verschiebung des Streifensystems, wenn man eine Hälfte der Linse mit einer dünnen Gelatine- oder Kollodiumhaut mit senkrechter gerader Kante bedeckt.

Wenn demnach an der Herkunft der beiden interferierenden Wellensysteme kein Zweifel bestehen kann, so ist doch damit eine erschöpfende Erklärung der Erscheinung noch nicht gegeben; denn es ist zunächst noch dunkel, woher der regelmäßige Gangunterschied rührt, der in dem Interferenzbild seinen Ausdruck findet, und es bleibt insbesondere ganz rätselhaft, wie die Randbeugungsfransen bei Abblendung eines der gebeugten Büschel zustande kommen, da ja die Mitwirkung des direkten Lichtes ausgeschlossen ist.

(Eingegangen 29. April 1922.)

Versuche über das Nachleuchten von Röhren mit verdünnten Gasen.

Von A. Steichen.

Als ich vor einiger Zeit Versuche über die Lichterscheinungen in Röhren mit verdünnten Gasen vorführte, fiel mir auf, daß eine Röhre jedesmal hell aufleuchtete, wenn die Entladerarme der Wimshurst-Maschine, die den Strom lieferte, so gestellt wurden, daß ein Funke zwischen den beiden Kugeln übersprang. Ich habe nachher den Vorgang genauer untersucht. Da ich in der mir zu Gebote stehenden Literatur keine ähnlichen Beobachtungen erwähnt finde, so teile ich hier meine Ergebnisse mit.

Die Röhre, Fig. 1, enthält zwei Gase getrennt voneinander. In der Mitte besitzt sie

eine Scheidewand aus Glas, punktiert gezeichnet in der Figur (Nr. 8630 in Leybolds Preisliste). Sie ist 60 cm lang und hat als Elektroden zwei starke, 6 cm lange Aluminiumdrähte. Mit dem Induktorium betrieben gibt sie eine geschichtete Lichtsäule. Ihr Widerstand ist sehr groß wegen der Glaswand. Verbindet man beide Elektroden mit den Polen einer Wimshurst-Maschine, so kann man noch einen Funken von über 2 cm Länge zwischen den Entladerkugeln überspringen lassen. Folgende Erscheinungen lassen sich leicht an der Röhre beobachten:

1. Beide Elektroden der Röhre seien mit der Maschine verbunden, und letztere sei in mäßigen Gang gesetzt. So lange die Entladerarme weit auseinandergezogen sind, leuchtet die Röhre mäßig hell. Läßt man nun Funken zwischen den Entladerkugeln überspringen, so leuchtet die Röhre bei jedem Funken sehr hell auf.

2. Läßt man die Maschine stillstehen und hält die Entladerkugeln auseinander, so leuchtet die Röhre geraume Zeit nach. Bei meiner Röhre hat das Nachleuchten 7 Minuten lang angehalten.

3. Bringt man bei stillstehender Maschine die Entladerkugeln zur Berührung, so leuchtet auch hier im Augenblicke der Berührung die Röhre sehr hell auf und leuchtet dann hell und stoßweise nach, so lange die Kugeln zusammen sind. Zieht man nach kurzer Berührung die Entladerkugeln wieder auseinander, so leuchtet die Röhre stoßweise nach, aber weniger hell als bei sich berührenden Kugeln.

Die ganze Erscheinung bei stillstehender Maschine und auseinander gezogenen Entladerarmen ist sehr schön. Das Licht erfüllt im Anfang die Röhre der ganzen Länge nach, ist aber heller der Rohrachse entlang. Erst ist es stetig und leicht zitternd, dann beginnt es zu flackern. Helle Lichtstreifen schießen durch die ganze Röhre. Die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Stößen werden immer länger. Bei sich berührenden Entladerkugeln erhält man dieselbe Erscheinung, nur glänzender und von kürzerer Dauer. Die Röhre erlischt zuerst in der Mitte, in der Umgebung der Scheidewand.

4. Man könnte versucht sein anzunehmen, daß es sich hier im Grunde nur um eine Entladung der Maschine durch die Röhre hindurch handelt. Dem widerspricht jedoch die Tatsache, daß die Röhre auch dann noch weiterleuchtet,

wenn man die Zuleitungsdrähte von der Röhre loslöst und letztere in große Entfernung von der Maschine bringt. Meine Röhre leuchtete sehr schön in einer Entfernung von 6 m von der entladenen Maschine. Jede Berührung mit dem Finger ließ die Röhre heller leuchten. Als ich schließlich 3 Minuten nach Entfernung der Zuleitungsdrähte beide Elektroden gleichzeitig berührte, erhielt ich einen sehr empfindlichen Schlag, genau wie bei einer Leydener Flasche. Dabei leuchtete die Röhre hell auf.

Die Entladungserscheinung in der isolierten Röhre ist sehr schön. Das Licht ist erst stetig aber zitternd im ganzen Rohr. Dann beginnt es zu flackern. Lange Lichtstreifen erstrecken sich von den Elektroden nach der Mitte, wo sie bald rechts- bald linksdrehend um die Scheidewand herumwandern. Diese Lichtstreifen werden bald schwächer, der Teil in der Mitte der Röhre trennt sich ab und wandert hin und her über die Scheidewand. Bald tritt Dunkelheit ein in der mittleren Erweiterung der Röhre, wird jedoch von Zeit zu Zeit unterbrochen durch Lichtstreifen, die vom Raum in der Umgebung der Elektroden ausgehend bis an die Scheidewand hineinwandern, um sich dann wieder in die Verengungen der Röhre zurückzuziehen. Die Röhre erlischt zuerst in der Mitte, zuletzt an den Elektroden.

Ähnliche, jedoch schwächere Wirkungen lassen sich erzielen, wenn man nur eine Elektrode der Röhre mit der Maschine verbindet und die andere Elektrode frei läßt.

Im allgemeinen nehmen bis zu einem gewissen Grade Intensität und Dauer des Nachleuchtens zu mit der Intensität und Dauer des Aufladens.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft übt einen großen Einfluß aus. An trockenen Tagen leuchten die Röhren unter sonst gleichen Bedingungen länger nach als an feuchten. Das ist offenbar auf Mangel an Isolation zurückzuführen, da Feuchtigkeit sich auf die Röhre niederschlägt.

Ich habe die Versuche wiederholt mit zwei anderen Röhren, von denen die eine nur eine, die andere zwei Scheidewände hatte. Das Ergebnis der Versuche war im wesentlichen dasselbe wie mit der ersten Röhre, jedoch mit dem Unterschiede, daß die Röhre mit zwei Scheidewänden keinen elektrischen Schlag, sondern nur knisternde Funken an beiden Elektroden gab. Bei einer vierten Röhre war die Scheidewand durchschlagen. Hier blieben obige auffallende Erscheinungen ganz aus. Zum Vergleich habe ich eine Reihe gewöhnlicher Röhren ohne Scheidewände untersucht, aber bei keiner ein ähnliches Verhalten bemerkt, wenn beide Elektroden der Röhre mit der Maschine verbunden waren.

5. Um die Spannungsschwankungen zu beobachten, trennt man am besten die Röhre von den Zuleitungsdrähten und verbindet eine Elektrode mit einem Elektrometer. Das Wulfsche Fadenelektrometer eignet sich vorzüglich für den Versuch. Die Spannung an der verbundenen Elektrode fällt unter starken Zuckungen der Fäden erst schnell, dann langsam ab. Ich habe auf diese Weise plötzliche Spannungsanstiege von über 200 Volt gemessen. Die Amplitude der Spannungsschwankungen nimmt sehr rasch ab. Diese Spannungsschwankungen lassen auf Ladungsschwankungen an der mit dem Elektrometer verbundenen Elektrode schließen. Wie weit sie zeitlich mit den leuchtenden Stößen zusammenfallen, konnte ich experimentell nicht feststellen, da mir kein geschulter Gehilfe zur Seite stand.

Die obigen Erscheinungen lassen folgende Deutung zu. Die Röhre mit Scheidewand ist in Wirklichkeit ein Kondensator. Das verdünnte Gas in beiden Hälften der Röhre bildet die äußeren Beläge. Die Scheidewand übernimmt die Rolle des Dielektrikums. Wird die Röhre mit der Maschine verbunden, so wird sie auf ein sehr hohes Potential aufgeladen. Bei jedem Funken zwischen den Entladerkugeln wird die Röhre teilweise entladen. Der Entladungsstrom bringt alsdann das verdünnte Gas zum Leuchten. Werden die Entladerkugeln zur völligen Berührung gebracht, so wird dadurch die Röhre kurz geschlossen und durch den geringen äußeren Widerstand entladen. Der Entladungsstrom bringt das Gas zum Leuchten, erst stark, dann schwächer und stoßweise. Infolge der hohen Spannungen an den Polen der Maschine und somit auch an den Elektroden der Röhre wird nicht nur das Gas, sondern auch die Glaswand der Röhre stark aufgeladen. Die Ladung des Glases verschwindet nur sehr langsam, indem sie allmählich an das Gas abgegeben wird. Sie bildet schließlich die Elektrizitätsquelle für das Gas. Das Gas gibt seine Ladung nach außen ab durch die Elektrode. Es entsteht somit bei isolierter Röhre ein Strom: Glaswand—Gas—Elektrode—äußere Luft. Dieser Strom bringt das Gas zum Leuchten. Die elektrostatische Ladung allein genügt nicht, um Lichterscheinungen zu erzeugen, wie folgende Beobachtung zeigt. An einem sehr trockenen Tage hatte ich die Röhre auf ein sehr hohes Potential aufgeladen. Trotzdem leuchtete sie nicht nach. Als ich den Finger der Elektrode näherte, erhielt ich einen knisternden Funken. Die Röhre leuchtete, so lange ich die Elektrode berührte, erlosch aber sofort, sobald ich den

Finger entfernte. Nachdem die Maschine einige Zeit in Gang gewesen war, leuchtete die Röhre in der gewöhnlichen Weise nach. Zu Beginn der Beobachtung war die Luft im Zimmer zu schlecht leitend, um einen genügenden Strom zustande kommen zu lassen. Die Tätigkeit der Maschine machte bald die Luft besser leitend, und der Versuch gelang. Dieselbe Erfahrung habe ich auch mit anderen Röhren gemacht. Die flackernden Lichtstöße und die Drehung der Lichtstreifen um die Scheidewand haben vielleicht darin ihre Ursache, daß das Glas seine Ladung nicht gleichmäßig, sondern örtlich und zeitlich ruckweise abgibt. Möglicherweise spielen sich auch Vorgänge ab ähnlich denen in der geschichteten Entladung. Auch Vorgänge außerhalb der Röhre in der Nähe der Elektroden dürften stark mitwirken.

Bei isoliert aufgestellter Röhre wird der Kurzschluß durch den großen Widerstand der äußeren Luft hergestellt. Die Röhre leuchtet deshalb schwächer aber länger nach. Jede Berührung einer Elektrode mit der Hand vermindert den äußeren Widerstand und verstärkt so den Entladungsstrom und das Leuchten der Röhre.

Die Röhre, mit der die obigen Versuche angestellt wurden, ist in Wirklichkeit eine Doppelröhre, in der die zwei Teilröhren (mit je einer Elektrode) hintereinander geschaltet sind. Es lag deshalb nahe, Versuche mit gewöhnlichen Röhren anzustellen, bei denen bloß eine Elektrode mit der Maschine verbunden wurde. Es stellte sich jedoch bald heraus, daß die zweite Elektrode störend wirkte, indem sie einen starken Ladungsverlust verursachte. Sie wurde deshalb mit einer dicken Schicht von Paraffin gegen die äußere Luft isoliert. Verschiedenartig geformte Röhren wurden im Anfang benutzt. Ich entschied mich schließlich für einen Röhrensatz von Max Kohl, Nr. 63061. Die Röhren haben alle mit nur einer Ausnahme die gleiche Form. Der Druck ist jedoch in allen Röhren verschieden. Mit obiger Anordnung leuchteten diese Röhren sehr schön und zeigten auch das charakteristische helle Aufleuchten, wenn man bei stillstehender Maschine die Entladerkugeln zur Berührung brachte. Um das Nachleuchten zu beobachten, wurden die Röhren stark aufgeladen und dann von den Zuleitungsdrähten getrennt. Ich habe folgendes beobachtet:

1. Eine elektrostatische Ladung genügt allein nicht, um die Röhren zum Nachleuchten zu bringen; es muß ein Strom durch das Gas fließen. Wenn die äußere Luft sehr trocken ist und sehr schlecht leitet, tritt kein Nachleuchten ein; auch dann nicht, wenn die Röhre so hoch aufgeladen ist, daß man bei Berührung der freien Elektrode einen knisternden Funken erhält. Erst wenn die Maschine einige Zeit in Gang gewesen ist und die Luft besser leitend gemacht hat, leuchten die Röhren nach. Ein leichtes Anblasen der freien Elektrode genügt, um eine dunkle Röhre zum Leuchten zu bringen, so lange sie noch hinreichend geladen ist.

2. Keine Röhre entladet sich plötzlich vollständig bei Berührung der freien Elektrode. Die Entladung vollzieht sich langsam. Das deutet darauf hin, daß die innere Glaswand selbst hoch aufgeladen wird und ihre Ladung nur allmählich abgibt.

3. Einen unzweideutigen Unterschied im Verhalten der Röhren bei positiver und bei negativer Ladung habe ich nicht gefunden.

4. Keine einzige Röhre leuchtete nach, wenn die Wimshurst-Maschine durch ein kleines Induktorium ersetzt wurde, obschon die Röhren schöner leuchteten, wenn sie mit dem Induktorium betrieben wurden.

5. Keine Röhre gab einen elektrischen Schlag; einen solchen Schlag konnte man auch kaum erwarten.

6. Im allgemeinen leuchteten die Röhren hell an der Stelle, wo sie im Stativ festgeklemmt waren. Diese Erscheinung dürfte sich folgendermaßen deuten lassen. Die Glaswand kann als Dielektrikum eines Kondensators aufgefaßt werden. An der Klemmstelle wird die Kapazität erhöht, die Spannung fällt somit. Dadurch wird ein Potentialgefälle in der Röhre nach der Berührungsstelle hin erzeugt. Dasselbe ist der Fall, wenn man die Röhre an irgendeiner Stelle durch Berührung mit dem Finger zu hellerem Leuchten bringt. Es ist jedoch auch möglich, daß die ganze Erscheinung eine Induktionswirkung ist.

7. Hochevakuierte Röhren leuchten im Anfang sehr gleichmäßig und stetig im ganzen Querschnitt nach. Nur gegen Schluß werden sie unstetig und flackern schwach. Berührt man eine Seite der Glaswand mit dem Finger, so leuchtet die Röhre heller an der Berührungsstelle. Hebt man die Berührung auf, so wird die eben noch hellere Stelle dunkler und die Lichtsäule flackert für kurze Zeit, um dann wieder stetig und gleichmäßig zu werden.

8. Röhren mit höherem Druck beginnen sehr bald zu flackern. Die Lichtstreifen, die durch die Röhre schießen, sind unsymmetrisch in bezug auf die Rohrachse und bevorzugen die Glaswand.

9. Röhren mit hohem Druck waren schon nach etwa drei Minuten entladen. Solche mit niederem Druck waren nach 6—8 Minuten noch nicht vollständig entladen.

10. Gegen Schluß treten die Lichtblitze nur

nach längeren Dunkelpausen auf und werden immer schwächer. Man gewinnt den Eindruck, daß die Röhre für jeden Blitz sich erst etwas erholen muß.

Zusammenfassung.

1. Es wurden die Entladungserscheinungen in einer Doppelröhre mit zwei getrennten und verdünnten Gasen beschrieben, und es wurde eine Erklärung versucht. Die Röhre stellt einen Kondensator mit gasförmigen Belägen dar.

2. Sodann wurden Vergleichsversuche mit gewöhnlichen Röhren beschrieben.

Bombay (Indien), St. Xavier's College, 10. April 1922.

(Eingegangen 3. Mai 1922.)

Über polarisiertes Fluoreszenzlicht.

Von Fritz Weigert.

Vor einiger Zeit konnte ich in einer kurzen Mitteilung[1]) zeigen, daß bei Erregung mit linear polarisiertem Licht die verschiedenartigsten isotropen fluoreszierenden Systeme polarisiertes Fluoreszenzlicht ausstrahlen. Diese Beobachtung war deshalb sehr überraschend, weil das Fluoreszenzlicht flüssiger und fester Stoffe ganz allgemein als unpolarisiert bekannt ist, auch wenn das erregende Licht polarisiert ist. Die Erscheinungen wurden mehrfach nachgeprüft und bestätigt. Nun haben vor kurzem die Herren Wawilow und Lewschin[2]) einige neue Versuche zu dieser Frage angestellt und sind auf Grund derselben zu dem Schluß gekommen, daß der von mir als Fluoreszenzpolarisation aufgefaßte neue Effekt nichts anderes als ein Tyndall-Effekt sein soll.

Es war mir natürlich in allererster Linie wichtig, die naheliegende Verwechslung der neuen Beobachtungen mit dem Tyndall-Effekt möglichst wirksam experimentell auszuschließen. Denn da ein polarisiertes Fluoreszenzlicht allen bekannten Erfahrungen und Theorien über die Fluoreszenz widerspricht, mußte in Anbetracht der Bedeutung der Frage seine Existenz so sicher wie möglich erwiesen werden. Da die Realität der Erscheinung nun in der erwähnten Arbeit angezweifelt wird, muß ich etwas ausführlicher, als es in der ersten Publikation[3]) meiner Beobachtung geschehen ist, auf einige experimentelle Einzelheiten eingehen.

Zur direkten experimentellen Eliminierung des Tyndall-Lichtes verwendete ich die klassische, schon von Stokes beschriebene Methode der entgegengesetzt gefärbten Farbfilter. Es wird also die Fluoreszenz mit einem Strahlengemisch erregt, welches von dem Farbfilter, mit dem die Fluoreszenz beobachtet wurde, auch nicht spurenweise durchgelassen wurde. So wurde z. B. in den meisten Fällen die Erregung mit blauem Licht durch ein dreifaches dunkles Kobaltglas und 5 cm einer gesättigten Kupfervitriollösung vorgenommen und die Beobachtung mit einem Kaliumchromatfilter oder einem anderen Gelbfilter. Die Prüfung der Filter geschah so, daß der sehr intensive Kohlenbogen und auch die Sonne durch die hintereinandergestellten Gegenfilter vollkommen unsichtbar waren. Eine andere Kombination, besonders für die halogensubstituierten Fluoreszeine war folgende: Für die Erregung 12 cm Kupfervitriollösung und für die Beobachtung eine Lösung oder ein Gelatinefilter von Filterrot-Hoechst von solcher Konzentration, daß alles vom Kupfersulfat durchgelassene Licht absorbiert war. Diese beiden Beispiele, neben denen beliebig viel andere Kombinationen möglich sind, mögen genügen.

Wenn unter solchen Bedingungen in dem zu untersuchenden System überhaupt eine Lichterscheinung sichtbar ist, dann muß es Fluoreszenz- oder Phosphoreszenzlicht sein und unter keinen Umständen ein Tyndalleffekt, denn dieser enthält nur Strahlenarten, welche in dem erregenden Licht schon enthalten sind, und die ja von dem Beobachtungsfilter vollkommen absorbiert werden.

Leider haben nun die Herren Wawilow und Lewschin nicht von dieser altbekannten und so sehr bequemen Methode Gebrauch gemacht, sondern sie versuchten durch quantitative photometrische Messungen, vielleicht sogar mit Polarisationsphotometern, die zur Untersuchung von geringen Polarisationseffekten nur mit großer Vorsicht verwendet werden dürfen, das Tyndall-Licht vom Fluoreszenzlicht zu trennen. Sie kommen damit zu dem Resultat, daß das Fluoreszenzlicht nicht polarisiert ist.

Aus meiner Erfahrung über die geringe Fluoreszenzhelligkeit der hoch substituierten Fluoreszeine, die den größten Polarisationsgrad

1) Fritz Weigert, Verh. d. D. Phys. Ges. **23**, 100, 1920.

2) S. L. Wawilow und W. L. Lewschin, diese Zeitschr. **23**, 173, 1922.

3) In der ersten Mitteilung waren die experimentellen Methoden allerdings kurz, doch so deutlich erwähnt, um jedem, der mit der Anstellung von Fluoreszenzversuchen bewandert ist, die Nachprüfung zu ermöglichen. In der demnächst erscheinenden ausführlichen Publikation, die sich aus äußeren Gründen verzögert hat, soll auch auf einige Schlußfolgerungen aus dem neuen Effekt eingegangen werden.

zeigen und über die Ungenauigkeit der photometrischen Messungen bei so geringer Intensität kann ich die Versuche, welche gegen meine Beobachtungen sprechen sollen, nicht als beweisend ansehen.

Auch die Filtrationsversuche, welche Wawilow und Lewschin zur Herstellung optisch leerer Flüssigkeiten angestellt haben, sind unzureichend gewesen. Durch zweimaliges Filtrieren durch dreifache Filter ist dies nicht zu erreichen! Dagegen gelang es mir ohne Schwierigkeit eine Tetrajodfluoreszeinlösung mittels eines Ultrafilters praktisch optisch leer zu machen. Diese optisch leere Lösung zeigte ebenso stark wie die unfiltrierte Lösung die polarisierte Fluoreszenz[1]).

In den Fällen, wo das Fluoreszenzlicht zu schwach war, um mittels der Sayartschen Platte gemessen zu werden, konnte mit Vorteil ein vor dem Auge langsam gedrehtes Nicolsches Prisma oder noch besser eine primitive Halbschattenvorrichtung verwendet werden, welche an anderer Stelle[2]) beschrieben wurde. Diese besteht aus zwei $\frac{1}{2}\lambda$-Glimmerblättchen, welche unmittelbar nebeneinander auf einer Glasunterlage so befestigt sind, daß die Schwingungsrichtungen des einen Blättchens vertikal und horizontal, des anderen diagonal gerichtet sind. Man bewirkt dadurch, daß polarisiertes Licht, welches parallel mit einer der Richtungen des einen Blättchens schwingt, durch dieses unverändert durchgelassen, durch das andere Blättchen dagegen um 90^0 gedreht wird. Wenn man ein solches $\frac{1}{2}\lambda$-Glimmer-Doppelsystem vor dem Fluoreszenzfleck anbringt und durch ein langsam gedrehtes Nicol betrachtet, erscheinen die beiden Felder abwechselnd hell und dunkel, falls das Fluoreszenzlicht polarisierte Anteile enthält. Mittels eines Glasplattensatzes lassen sich auch mit diesem einfachen aber lichtstarken Hilfsmittel durch Kompensation quantitative Messungen machen.

Ich bedauere, daß die Herren Wawilow und Lewschin es überflüssig erachteten, auch die weiteren von mir beschriebenen Versuche zu wiederholen. Ich habe nämlich die Erscheinung nicht nur bei seitlicher Beobachtung als „Transversaleffekt" auffinden können, wo eine Verwechslung mit dem Tyndall-Effekt bei ungenügendem Lichtschutz immerhin noch möglich wäre, sondern auch dann, wenn die erregenden Lichtstrahlen direkt auf das Auge oder die Beobachtungsapparate hin gerichtet waren. Bei dieser letzten Beobachtungsweise kann ein Tyndall-Effekt überhaupt nicht erkannt werden, weil das primäre Licht das schwache Tyndall-Licht weit überstrahlt. Die Fluoreszenz ist aber mit den strengen Gegenfiltern ungestört meßbar, und der Polarisationsgrad dieses „Longitudinaleffektes" wurde z. B. in verdünnten Eosinlösungen von derselben Stärke wie beim Transversaleffekt gefunden.

Zusammenfassend ist also zu wiederholen, daß auf drei verschiedene Arten nachgewiesen wurde, daß die von mir aufgefundene polarisierte Fluoreszenz eine neue Erscheinung und nicht identisch mit dem Tyndall-Effekt ist:

1. Durch die Methode der gegenfarbigen Lichtfilter.
2. Durch Verwendung ultrafiltrierter, optisch leerer Lösungen, in denen die polarisierte Fluoreszenz ebenso wie in den nicht filtrierten Lösungen beobachtet wurde.
3. Durch die Feststellung der Polarisation des Fluoreszenzlichtes im „Longitudinaleffekt", da sich unter diesen Bedingungen der Tyndall-Effekt überhaupt nicht messen läßt.

Das entgegengesetze Resultat der Herren Wawilow und Lewschin ist, soweit sich dies aus ihren Mitteilungen erkennen läßt, auf ungenügenden Lichtschutz bei der Beobachtung zurückzuführen. Meine orientierenden Versuche haben nämlich ergeben, daß der Polarisationsgrad des Fluoreszenzlichtes nach der roten Seite der Fluoreszenzbande wächst. Dieses sehr lichtschwache langwellige Gebiet der Fluoreszenz läßt sich nun mittels der Gegenfilter sehr bequem untersuchen. Aber wenn das ganze Fluoreszenzlicht und außerdem noch anderes falsches Licht zugegen ist, kann die eigentlich interessierende Erscheinung, selbst wenn der Polarisationsgrad hoch ist, unterhalb der Meßgenauigkeit der photometrischen Instrumente bleiben.

(Eingegangen 9. Mai 1922.)

1) Dieser Versuch ist in der ersten Mitteilung noch nicht beschrieben worden. Außerdem sind in der Zwischenzeit noch eine große Reihe anderer Versuche angestellt worden, welche hier nicht erwähnt werden sollen. Sie hatten jedoch alle das eindeutige Resultat, daß eine polarisierte Fluoreszenz als solche existiert.

2) Fritz Weigert, Ann. d. Phys. 63, 684, 1920.

Polarisierte Fluoreszenz von Farbstofflösungen.

Von Gerhard C. Schmidt.

In den Jahren 1896 und 1897 haben Sohncke[1]) und ich[2]) Versuche über die polarisierte Fluoreszenz veröffentlicht. Während wir

1) L. Sohncke, Wied. Ann. 58, 422, 1896.

2) G. C. Schmidt, Wied. Ann. 60, 740, 1897.

bei zahlreichen Kristallen polarisierte Fluoreszenz nachweisen konnten, gelang es uns nicht eine derartige Erscheinung bei Flüssigkeiten zu erhalten. Um von dem leicht dabei auftretenden Tyndalllicht nicht gestört zu werden, wandte Sohncke violette und ich ultraviolette Bestrahlung an. Unsere Versuchsanordnung war nicht sehr empfindlich — wir benutzten entweder ein Nicolsches Prisma oder eine dichroitische Lupe.

Daß das Fluoreszenzlicht in einfach brechenden Körpern stets unpolarisiert ist, glaubte bereits Stokes durch Versuche bewiesen zu haben; er hat dafür auch eine Erklärung gegeben: Die durch das einfallende Licht erregten Schwingungen erleiden sowohl durch die Moleküle des Lösungsmittels, als auch durch die gleichartigen benachbarten lumineszierenden Teilchen Störungen, infolgedessen das Fluoreszenzlicht seinen Schwingungszustand wechselt. Gegen diesen Erklärungsversuch habe ich damals schon den Einwand erhoben, daß nach den Versuchen von E. Wiedemann[1]) mindestens 2200 Schwingungen, im Maximum jedoch viel mehr, ungestört stattfinden; demgemäß wäre eigentlich eine Polarisation des Fluoreszenzlichtes bei Erregung mit polarisiertem Licht zu erwarten.

Mit Hilfe einer viel empfindlicheren Versuchsanordnung hat Weigert[2]) (1921) die Versuche wieder aufgenommen und in zahlreichen wässerigen Lösungen polarisierte Fluoreszenz gefunden und zwar bis 37 Proz., also bis zu einem Betrage, der größer ist, als er jemals bei der polarisierten Resonanzstrahlung (*Ka*-, *Na*-, *J*-Dämpfe) beobachtet wurde. Der Polarisationsgrad des Fluoreszenzlichtes nahm mit wachsender Molekulargröße, mit zunehmender Viskosität des Mediums und mit abnehmender Temperatur, also mit Verringerung der Beweglichkeit der Einzelteilchen zu.

Da mich die Versuche interessierten, habe ich sie kurz nach der Veröffentlichung durch Weigert wiederholt und modifiziert; sie führten zu wesentlich denselben Ergebnissen wie Weigert, daher habe ich nichts darüber veröffentlicht. Vor kurzem ist nun eine Arbeit von Wawilow und Lewschin[3]) erschienen, die zu gerade dem entgegengesetzten Resultat gelangen, nämlich daß das Fluoreszenzlicht in Flüssigkeiten stets unpolarisiert ist; das von Weigert beobachtete polarisierte Licht soll stets Tyndalllicht sein. Da unter diesen Umständen eine Prüfung dieser Frage durch einen Dritten von Wert ist, erlaube ich mir meine Versuche kurz zu beschreiben.

Die Annahme, daß Tyndalllicht bei den Versuchen von Weigert mit aufgetreten sei, liegt nahe, da durch Zusatz von Gelatine, wobei zahllose suspendierte Teilchen entstehen, der Anteil an polarisiertem Licht stark zunahm; ich habe daher mein Augenmerk hierauf besonders gerichtet. Die verschiedenen Stoffe wurden nach der Stokesschen Methode der komplementären Strahlenfilter untersucht, d. h. sie wurden z. B. mit rein blauem Licht bestrahlt und mit einem Gelbfilter durch ein drehbares Nicol betrachtet. Einige quantitative Messungen wurden mit einer Savartschen Platte und einem Glasplattenkompensator ausgeführt. In den Gang der Strahlen wurde zunächst ein Filter mit konz. $Cu(NO_3)_2$ und ein zweiter mit Viktoriablau gebracht; das blaue Licht ging darauf durch ein Nicol und wurde mit Hilfe von zwei dicken Filtern mit K_2CrO_4 beobachtet. Die Konzentration war derart, daß kein Licht hindurch ging, wenn alle Filter hintereinander geschaltet waren.

Zunächst wurde eine verdünnte Mastixsuspension in Wasser mit blauem Licht bestrahlt. Ohne die Gelbfilter zeigte sich starke Polarisation. Brachte man die Gelbfilter vor die Savartsche Platte, die senkrecht zu dem blauen Lichtstrahl stand, so war das Gesichtsfeld völlig dunkel, ein Beweis, daß das Tyndalllicht eliminiert war und die Filter gut komplementär waren.

An die Stelle der Mastixlösung wurde jetzt eine wässerige Fluoreszeinlösung gebracht. Die Lösung war mit zweimal destilliertem Wasser hergestellt und waren die Lösungen nachher mehrere Male filtriert. Mit Sicherheit konnte eine Polarisation nicht nachgewiesen werden, ein Ergebnis, das mit dem Befund der Herren Wawilow und Lewschin in Einklang steht. Weigert gibt dagegen 3 Proz. als Anteil des Polarisationslichtes an. Es fragt sich zunächst, wie ist dieser Unterschied in den Versuchen zu erklären. Zunächst ist der Betrag von 3 Proz. so klein, daß er nicht sehr scharfen Augen entgehen kann. Dazu kommt das Folgende: ich habe meine Lichtfilter alle sehr intensiv gemacht, um sicher zu sein, daß keine Spuren von Tyndalllicht die Beobachtungen stören. Entsprechend ist aber auch das Fluoreszenzlicht nicht sehr intensiv, infolgedessen können einem die schwarzen Streifen entgehen.

Daß aber trotzdem die Beobachtungen von Weigert im wesentlichen richtig sind, ging daraus hervor, daß wenn man jetzt der Fluoreszeinlösung Glyzerin zumischte, die Streifen sehr schön auftraten, um bei Zunahme der

1) E. Wiedemann, Sitzungsber., phys. med., Erlangen 1891.
2) Weigert, Verh. d. D. Phys. Ges. **23**, 100, 1921.
3) Wawilow und Lewschin, diese Zeitschr. **23**, 173, 1922.

Glyzerinmengen immer intensiver zu werden. Ich habe einige quantitative Messungen mit Lösungen von Fluoreszein in Glyzerin gemacht, die, wenn sie auch nicht sehr genau sind — der Meßapparat war improvisiert — doch einen ungefähren Anhalt über die Größe des Effekts geben. Eine Spur Fluoreszein wurde in Alkohol gelöst und hiervon eine kleine Menge in sehr reines Glyzerin gebracht, das kaum Tyndallicht zeigte. Die Berechnung geschah nach der Formel[1]):

$$\frac{D_s}{D_p} = \frac{E_s}{E_p}\cos^2(\Phi - X).$$

Bei einem Präparat wurde die Kompensation mit 2 Platten bei einem Winkel von zirka 52° erreicht, das ergibt 30 vom Hundert polarisiertes Licht; bei einer anderen Lösung, die weniger Alkohol enthielt, stieg der Anteil auf 33 Proz. Daß diese Polarisation nicht vom Tyndallicht herrührt, wurde noch durch folgende Beobachtungen bestätigt. In Wasser, welches eine Spur Mastix suspendiert enthielt und schwach milchig getrübt war und infolgedessen ein intensives Tyndalllicht zeigte, wurde etwas Fluoreszein gebracht; bei Beobachtung mittels der Filter konnte auch jetzt eine Polarisation nicht beobachtet werden. Brachte man in das Glyzerin, welches eine Spur Fluoreszein enthielt, eine geringe Menge einer wässerigen Mastixlösung, so daß eine Trübung auftrat, so nahm der Anteil an polarisiertem Licht ab entsprechend den Beobachtungen von Weigert wegen der geringeren Viskosität.

Ich hoffte einen noch größeren Anteil an polarisiertem Licht zu erhalten, indem ich Lösungen von noch größerer Viskosität anwandte. Zu dem Zweck benutzte ich als Lösungsmittel den von Herrn Ott hier dargestellten neutralen Borsäureester des Trimethylenglykols $C_9H_{15}O_6B_3$. Dies Präparat wurde mir in liebenswürdiger Weise von Herrn Ott zur Verfügung gestellt und spreche ich ihm hierfür meinen besten Dank aus. Die Substanz bildet bei gewöhnlicher Temperatur eine außerordentlich zähe und dickflüssige, wasserklare Flüssigkeit; bei 0° erstarrt sie zu einem durchsichtigen Glase; sie ist im Gegensatz zu den anderen Borsäureestern im Vakuum destillierbar und kann daher rein gewonnen werden. Sie löst die Anilinfarbstoffe leicht auf und gibt prachtvoll fluoreszierende Lösungen. Im Gegensatz zu den Präparaten von Tiede[1]) ist die Phosphoreszenz bei gewöhnlicher Temperatur nur klein; erst beim Abkühlen auf die Temperatur der flüssigen Luft tritt eine länger anhaltende Phosphoreszenz auf. Da die Substanz leicht Wasser anzieht, so wurde sie im zugeschmolzenen Reagensrohr untersucht. Es ergab sich bei der Fluoreszeinlösung ungefähr 28 Proz. und bei der Rhodaminlösung 25 Proz. polarisiertes Licht.

Auch diese Beobachtungen bestätigen somit die Beobachtungen von Weigert.

1) Drude, Optik, 2. Aufl., S. 265.

1) E. Tiede und P. Wulff, Ber. D. chem. Ges. **40**, 588, 1922.

Münster i. Westf., Physikal. Institut, Mai 1922.

(Eingegangen 10. Mai 1922.)

BESPRECHUNGEN.

G. Tammann, Aggregatzustände. Die Zustandsänderungen der Materie in Abhängigkeit von Druck und Temperatur. VIII u. 294 S. mit 127 Fig. Leipzig, L. Voss. 1922. M. 90.—, geb. M. 110.—.

Dieses Buch enthält großenteils die Zusammenfassung der Resultate, die der Autor auf dem einen seiner beiden Hauptarbeitsgebiete erhalten hat. Zuerst hebt Tammann die Unzweckmäßigkeit der üblichen Einteilung (gasförmig — flüssig — fest statt isotrop — verschieden kristallisiert) hervor, bespricht dann kurz die allgemeinen Begriffe (Tripelpunkt usw.) und das Gleichgewicht Dampf — Flüssigkeit, letzteres vom Standpunkt der Kontinuität im van der Waalsschen Sinne. Im nächsten Abschnitt werden die „neutralen Kurven" neu eingeführt, deren eine durch das Verschwinden der Umwandlungswärme charakterisiert ist (ihr Schnittpunkt mit der Gleichgewichtskurve gibt den maximalen Schmelzdruck), die andere durch die verschwindende Volumänderung (maximale Schmelztemperatur). So ergibt sich als ideale Schmelzkurve eine geschlossene Kurve, wenn auch die wirklichen wohl nur Teilstücke von ihr sind. Die Kontinuität des isotropen und anisotropen Zustands wird abgelehnt und auf das Zusammenfließen der Begriffe Schmelzen und Sublimieren über dem kritischen Punkt hingewiesen. Die weitere Behandlung stützt sich auf das thermodynamische Potential, das nach Gibbs eingeführt und besprochen wird. Die Lage und Form der Gleichgewichtskurven in ihrer Abhängigkeit von $\zeta(p,T)$ wird behandelt. Der nächste Abschnitt beschäftigt sich mit der experimentellen Methode zur Bestimmung der Schmelzpunktskurven (wobei auch auf Einzelheiten eingegangen wird) und den Resultaten. Im Abschnitt „Polymorphismus" wird statt der Begriffe Enantiotropie und Monotropie die (durch ζ zu messende) Stabilität empfohlen. Die hier vorliegenden Verhält-

nisse werden an der Hand der ζ-Flächen und ihrer Schnittkurven zur Ableitung wichtiger Sätze benutzt. Hierbei erweist sich die Zusammenfassung mehrerer instabiler mit einer stabilen Kristallform zu einer „thermischen Gruppe" als nützlich. Das wird so gedeutet, daß die Formen einer Gruppe die gleiche Molekülart haben und sich durch verschiedene Raumgitter unterscheiden, verschiedene Gruppen aber verschiedene Molekülarten besitzen. Wenn man diesen Standpunkt nicht nur auf reine Molekülgitter anwendet, scheint er dem Referenten mit Rücksicht auf die verschiedenen stabilen Formen von reinen Ionengittern (z. B. *Cs*- oder *Ag*-Halogenide) bedenklich. Die verschiedenen Molekülarten sollen auch in der Flüssigkeit schon vorhanden sein und durch ihre relative Häufigkeit die sich ausscheidende Kristallform bedingen. Der nächste Abschnitt bespricht im einzelnen mehrere Zustandsdiagramme. Dann geht der Verfasser zur Frage des Fließens der Kristalle bei Deformation über und lehnt die Erklärung durch teilweises Schmelzen aus thermodynamischen Gründen ab. Die Rekristallisation wird so aufgefaßt, daß sich an der Grenze von zwei Kristallen, die sich nicht in bestimmter Weise berühren, ein neuer Kristall bildet. Die Rechnung, die die Bedeutungslosigkeit der intermediären Destillation bei der Rekristallisation beweisen soll, scheint dem Ref. nicht beweiskräftig, da sie adiabatisch statt isotherm durchgeführt ist. Interessant sind die Bemerkungen über die Rekristallisation organischer Präparate und der Gletscherkörner. — Unterkühlte Dämpfe können sich zu Kristallen, zu Glas oder zu Tröpfchen kondensieren. In einer unterkühlten Schmelze bilden sich Keime, deren Zahl bei einer bestimmten Temperatur, ein Maximum hat, aber beliebig nahe unterhalb des Schmelzpunkts noch erfolgt. Die Erwartung, daß nach der sogenannten Stufenregel die Temperatur des Maximums für die instabilen Formen höher liegt als für die stabilen, bestätigt sich nicht durchaus. Im Folgenden wird das Weiterwachsen der Kristalle, die „lineare Kristallisationsgeschwindigkeit" und ihre Umkehrung, die Schmelzgeschwindigkeit, behandelt. Der letzte Abschnitt beschäftigt sich mit den flüssigen Kristallen, die in drei Gruppen geteilt werden. Die Eigenschaften der ersten führt Tammann auf Inhomogenität durch chemischen Umsatz zurück, diese Inhomogenitäten sollen durch ihre Gleichrichtung so wirken wie die anisotropen Moleküle O. Lehmanns. Die zweite Gruppe soll vorübergehend suspendierte Sphärolithe enthalten, während die dritte zwar weiche, aber wirkliche Kristalle bildet.

Die Inhaltsangabe wird die Reichhaltigkeit und Bedeutung des Buches, das keinen Vorgänger hat, erkennen lassen. Allerdings ist die Lektüre nicht leicht, sondern erfordert angestrengte Mitarbeit.

Hoffentlich regt das Buch dazu an, das reiche vom Verfasser gebotene experimentelle und thermodynamische Material auch vom atomistisch-kinetischen Standpunkt so zu durchdringen, wie es etwa bei der Sublimation jetzt der Fall ist. Herzfeld.

W. Skirl, Oberingenieur. **Meßgeräte und Schaltungen für Wechselstromleistungsmessungen.** 8°. 278 S. Mit 215 Abb. Berlin, Julius Springer. 1920. Gebunden M. 26.—.

Der Stoff des Buches zerfällt in zwei Teile und in einen kurzen Anhang.

Im ersten Teil werden die Meßgeräte behandelt, und zwar sind nur die Erzeugnisse der Firma Siemen & Halske erwähnt.

Hier hat man den Eindruck, daß nur ein allgemeiner Überblick über das Geschaffene, genau so wie in einer Druckschrift, die von einer Firma ausgeht, gegeben wird.

Im zweiten Teil werden die Meßschaltungen behandelt.

Über die physikalischen Vorgänge, wie z. B. die Zusammenwirkung der Ströme der festen und beweglichen Spule, Einfluß der Temperatur und der Kurvenform der Ströme, auf die Genauigkeit des Instrumentes, sowie über die Anordnung der Federung und relative Lage der Spule zur Erreichung einer möglichst linearen Skala, wird in diesem Buche nichts ausgesagt.

Der Verfasser gibt nur Meßmethoden für Ein-, Zwei- und Dreiphasen-Effektmessungen an, die an Hand der sorgfältig ausgeführten Schaltungsschemata beschrieben werden.

Im Anhang werden die Präzisions-Drehspul-Instrumente, hauptsächlich der neue Typ der Zehnohm-Instrumente beschrieben. P. Andronescu.

K. Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik. 9. Auflage. 8°. 662 S. Mit 552 Textabbildungen. Berlin, Julius Springer. 1921. Preis geb. M. 70.—.

Nach dem Titel zu schließen, soll das Buch alle Gebiete der Elektrotechnik umfassen. Leider beschränken sich die Darlegungen im wesentlichen auf die Starkstromtechnik.

Das Buch zerfällt in drei Teile.

Im ersten Teil werden in einer knappen und deutlichen Darstellung die physikalischen Grundlagen des Magnetismus und der Elektrizität behandelt.

Der zweite Teil umfaßt die Meßkunde. Der Stoff ist in leichtfaßlicher Form behandelt, jedoch ziemlich kurz abgefaßt, so daß man nur in beschränktem Maß Auskunft findet.

Im dritten Teil (440 Seiten), bezeichnet als Elektrotechnik, werden hauptsächlich: Elektrische Maschinen und Apparate, Elektrische Kraftübertragung und Wärmeerzeugung, Elektrochemie und Drahtlose Telegraphie und Telephonie behandelt.

Beachtenswert sind die gut ausgeführten Abbildungen der Konstruktionszeichnungen verschiedener Maschinen.

Für manche Leser wird die Ersetzung aller Fremdwörter durch deutsche Ausdrücke das Verständnis etwas erschweren.

Am Ende werden noch in einem kurzen Anhang die Gesetze und Vorschriften aus dem Gebiete der Elektrotechnik erwähnt. P. Andronescu.

H. Rein, Radiotelegraphisches Praktikum. 3., umgearbeitete und vermehrte Auflage von K. Wirtz. XVIII u. 557 S. Mit 432 Textabbildungen und 7 Tafeln. Berlin, Julius Springer. 1921. Hlwbd. 120.—.

Das „Radiotelegraphische Praktikum" von Rein ist in seiner dritten, von K. Wirtz besorgten Auflage, auf mehr als das Doppelte der letzten Auflage angewachsen. Eine derartig umfangreiche Weiterführung war einerseits durch die außerordentliche Entwicklung der drahtlosen Telegraphie in den letzten Jahren als notwendig gegeben, andererseits ist das Buch nunmehr

in der Weise abgerundet und vollständig, daß auch bei eingehendem Studium des Stoffes ein Zurückgreifen auf weitere Kompendien in den meisten Fällen entbehrlich sein wird.

Das Buch ist daher streng genommen über den Rahmen eines „Praktikums" hinaus zu einem ausführlichen Lehrbuch der praktischen Radiotelegraphie angewachsen. Es füllt jedoch vermöge seiner Eigenart in der Flut von Lehrbüchern der drahtlosen Telegraphie eine besonders von Fachleuten empfundene Lücke aus und dürfte heute bereits in der Hand weniger Radioingenieure fehlen. Der Physiker, der eine meßtechnische Behandlung des Stoffes erwartet, darf bei der Beurteilung nicht vergessen, daß das Buch in erster Linie für die Bedürfnisse des Ingenieurs geschrieben ist und demzufolge dem rein beschreibenden Teil, insbesondere was die Kenntnis der Apparate betrifft, eine ziemliche Breite eingeräumt werden muß. Für den Physiker, der sich auf breiterer Basis in die drahtlose Telegraphie einarbeiten will, wird das Buch wie wenige zu empfehlen sein.

In der Bearbeitung des Inhalts ist das Buch durchaus modern. Als neues Element sind vor allem die Elektronenröhren zu nennen, die in ihren verschiedenen Anwendungen als Detektoren, Verstärker und Generatoren eine gebührende und glückliche Darstellung erfahren haben. Sehr zu begrüßen ist die Erweiterung des mathematischen Apparates auf ein gerade erwünschtes Maß und die Anführung vieler Zahlenbeispiele bei Messungen; die quantitative Illustration ist stets etwas sehr Wesentliches zur Bildung richtiger Vorstellungen. Die Berücksichtigung der modernen auswärtigen Literatur, speziell auch im Literaturverzeichnis, dürfte wohl in einer künftigen Auflage zu erwarten sein.

Abbildungen und Diagramme sind sehr zahlreich, überhaupt ist die Ausstattung des Buches eine hervorragend gute. Tank.

R. Ulbricht, Das Kugelphotometer (Ulbrichtsche Kugel). gr. 8°. VII u. 110 S. Mit 30 Textabbildungen und drei Tafeln. München u. Berlin, R. Oldenbourg. 1920. Geh. M. 24.—, geb. M. 28.—.

Jedem, der sich über das wichtige Meßverfahren mit dem Kugelphotometer orientieren will, wird dieses Buch aus der Feder des Schöpfers dieses Verfahrens sehr willkommen sein.

Die einleitende Übersicht enthält historische Angaben über die Entwicklung des Kugelphotometers, wobei neben eigenen auch wichtige fremde Arbeiten berücksichtigt sind. Die weiteren Abschnitte behandeln die Grundzüge der Kugeltheorie, die ersten Versuche mit Zahlenangaben, die Theorie der Wirkung von Fremdkörpern, im besonderen den Einfluß der Blende. Ein sechster Abschnitt behandelt das Meßfenster, ein siebenter den Anstrich. Die beiden folgenden Kapitel befassen sich mit der Messung halbräumlicher Lichtstärken und mit Meßanordnungen und Meßverfahren. Der letzte Abschnitt „Bauweisen, Abweichende Formen und Besondere Anwendungen" gibt eine kurze, aber doch vollständige Übersicht über die verschiedenen Konstruktionen. K. W. Meißner.

M. v. Rohr, Die binokularen Instrumente. Nach Quellen und bis zum Ausgang von 1910 bearbeitet. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. gr. 8°. XVII u. 303 S. Mit 136 Textabbildungen und 1 Tabelle. Berlin, Julius Springer. 1920. M. 40.—, gebunden M. 49.60.

Das Werk zerfällt in einen theoretischen, historischen und systematischen Teil. Im ersten, 17 Seiten umfassenden Teil wird das ein- und zweiäugige Sehen behandelt. Der zweite, wesentliche Teil des Buches zerfällt in sieben Abschnitte: 1. Die Zeit vor Wheatstone, 2. Das Spiegelstereoskop Wheatstones und die Zeit bis zur Verbreitung des Brewsterschen Prismenstereoskops, 3. Die Zeit der allgemeinen Freude am Stereoskop in den fünfziger Jahren, 4. Der Niedergang der Stereoskopie in den sechziger Jahren, 5. Der Tiefstand der Bewertung in den siebziger und achtziger Jahren, 6. Das Erwachen der Teilnahme in den neunziger Jahren, 7. Der allgemeine Fortschritt im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts.

Dem dritten Teil, der systematischen Anordnung, der in chronologischer Reihenfolge die benützte Literatur aufführt und dem auf einer Tafel das Schema der Einteilung beigegeben ist, folgt am Schlusse ein alphabetisches Namenverzeichnis mit vollständiger Literaturangabe.

In der zweiten Auflage ist im historischen Teil die Behandlung der Zeit vor Wheatstone wesentlich erweitert worden. In der ganzen Darstellung merkt man den Drang „die meistens übersehenen Prioritätsrechte der älteren und verdienstvolleren Generation festzustellen". Außerdem ist die Schilderung des Zeitraums 1900 bis 1910 neu hinzugekommen.

Das lehrreiche und außerordentlich anziehend geschriebene Buch ist in Anlage und Durchführung musterhaft. K. W. Meißner.

F. Paul Liesegang, Wissenschaftliche Kinematographie. Unter Mitarbeit v. Dr. Karl Kieser u. Prof. Oswald Polimanti. gr. 8°. VIII u. 352 S. Mit 146 Abbildungen im Text. Düsseldorf, Ed. Liesegang. 1920. Geb. M. 48.— u. 20% Teuerungszuschlag.

Das vorliegende Werk (eine Neubearbeitung vom zweiten Teil der 5. Auflage des Handbuches der praktischen Kinematographie) ist wohl auch für den Physiker von Interesse, da die Kinematographie eines der wichtigsten Mittel ist, um sehr rasch verlaufende Bewegungen zu untersuchen. Wertvoll ist das Buch besonders deshalb, weil sehr vollständig die älteren Methoden aufgeführt sind, die sicherlich noch oft mit Nutzen im physikalischen Laboratorium Verwendung finden können.

Liesegang selber behandelt eingehend: die kinematographischen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren, die kinematographische Vorführung, die Aufnahmekamera und ihre Handhabung, die Mikro-Kinematographie, die Funkenkinematographie (die besonders schön von Cranz und Glatzel für die Ballistik verwendet wurde), die stereoskopische Kinematographie. Sehr lesenswert ist der Abschnitt über Apparate mit optischem Ausgleich, die es ermöglichen, viele hunderte Aufnahmen in der Sekunde zu machen (bei der Zeitlupe von Ernemann 500 und mehr). Man ist erstaunt zu erfahren, wie viele Lösungen dieses wichtigen Problems schon versucht worden sind.

Kieser behandelt das Fertigmachen des Negativs sowie die Herstellung des Positivs. Dieser Abschnitt hat weniger Interesse für den Physiker.

Der Physiologe Prof. Polimanti gibt zum Schluß eine umfassende Darstellung der Anwendung der Kinematographie in den Naturwissenschaften, der Medizin und im Unterricht.

Das Buch enthält sehr viel des Interessanten, so vor allem die vielen Versuche des französischen Physiologen Marey, der als der eigentliche Begründer der wissenschaftlichen Kinematographie anzusehen ist. Man darf das Werk auch als ein aktuelles ansprechen, welches dem Studium der Lehrenden sehr zu empfehlen ist, da der wissenschaftliche Film mehr noch als jetzt dem Unterricht dienstbar gemacht werden sollte. Wer je die wunderbaren Films von Siedentopf gesehen hat (Brownsche Linear- und Rotationsbewegung, Zellteilung, Befruchtungsvorgang usw.) kann über den pädagogischen Wert der wissenschaftlichen Kinematographie nicht im Zweifel sein. Edgar Meyer.

Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. In 5 Bänden. Herausgegeben von Leo Graetz. Lex. 8°. III. Band, 3. Lieferung. 373 S. Mit 156 Abbildungen im Text. 1920. M. 64.—. IV. Band, 3. Lieferung Schlußheft des IV. Bandes). X u. 649 S. Mit 319 Abbildungen im Text. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1920. M. 84.—.

Über den Wert des Handbuches von Graetz ist wohl kein Physiker im Zweifel, stellt es doch heute sicherlich das beste Nachschlagewerk auf dem Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus dar. Der einzige Fehler, den das Buch hat, besteht darin, daß es, veranlaßt durch die Kriegs- und Nachkriegszeit, so langsam erscheint.

In den beiden vorliegenden Lieferungen haben folgende Artikel Platz gefunden. III, 3: Die Ionisation der Gase von R. Seeliger; Flammenleitung von A. Becker; Lichtbogen von E. Bräuer; Metallische Leitung von J. Koenigsberger. IV, 3: Magnetismus der verschiedenen Stoffe von F. Auerbach; Elektromagnetismus von F. Auerbach; Erdmagnetismus von F. Auerbach; Elektrodynamik von H. Diesselhorst. Wie es sich für ein solches Handbuch gehört, ist die Literatur vollständig berücksichtigt, bis zu welchem Zeitpunkt wird in jedem Falle angegeben.

Seeliger behandelt bei der Ionisation der Gase nur die unselbständige Strömung. Die Literatur ist bis 1914 vollständig, bis 1918 nach Möglichkeit berücksichtigt. Es werden besprochen von den Ionenkonstanten die Beweglichkeit, die Wiedervereinigung, die Diffusion, die Ladung und Masse sowie die Adsorption. Dann folgt eine sehr klare Darstellung der mathematischen Theorie der Ionenströmung, in der nicht nur die Lösung spezieller Fälle sondern auch die Integration der Grundgleichungen ganz allgemein und in Strenge durchgeführt wird. Zum Schluß wird die Ionenleitung in dielektrischen Flüssigkeiten gebracht.

Unsere Kenntnis der Flammenleitung hat sich zu einem solchen Umfange ausgedehnt, daß ihr ein besonderer Abschnitt (von A. Becker) gewidmet ist. Die Literatur ist bis Anfang 1919 fast vollständig berücksichtigt. In einem besonderen Kapitel werden die Theorien der Flammenleitung dargestellt, einerseits die Theorie von Lenard, begründet auf der „Nähewirkung", andererseits diejenige von Marx, die sich auf den lichtelektrischen Effekt stützt.

Der Artikel Lichtbogen von Bräuer (Literatur bis Mitte 1919) enthält nichts wesentlich anderes, als in dem Artikel von Hagenbach im Handbuch der Radiologie schon zu finden ist.

Die Wahl Koenigsbergers als Verfasser des Artikels Metallische Leitung ist eine sehr glückliche, da er das Material souverän beherrscht. Die Literatur ist hier bis Anfang 1920 berücksichtigt. Sehr anerkennenswert ist, daß Koenigsberger die älteren Sachen möglichst nicht wieder bringt, sein Beitrag ist eine Fortführung des Artikels von L. Graetz in Winkelmanns Handbuch (Bd. IV, 1, Literatur bis Nov. 1902) über den gleichen Gegenstand. Hierdurch wird endlich einmal vermieden, daß nicht in jedem der großen physikalischen Handbücher immer wieder dieselben Artikel mit geringen Abweichungen zu finden sind. Behandelt wird die Leitung unter normalen Bedingungen und die Temperaturabhängigkeit von Elementen mit positivem Temperaturkoeffizient, von Legierungen und von variablen metallischen Leitern, unter denen solche verstanden werden, deren Widerstand und Temperaturkoeffizient mit der Temperatur stark variiert. Weiter werden dargestellt die Widerstandsänderungen durch Belichtung und Bestrahlung, durch Druck, durch elastische Veränderungen, durch Feuchtigkeit und durch Magnetfelder, ferner die so interessanten Unterschiede zwischen Gleichstrom- und Wechselstromwiderstand infolge der Kristallstruktur nicht regulärer Substanzen. Ein letztes Kapitel über die Beziehung der elektrischen zur thermischen Leitfähigkeit beschließt den sehr schönen Artikel.

Die drei Berichte von Auerbach über den Magnetismus der verschiedenen Stoffe (Literatur bis 1917/18), über Elektromagnetismus (Literatur bis 1917/18) und über Erdmagnetismus (Literatur bis Ende 1918) sind mehr als zur Hälfte wörtlich identisch mit den Artikeln desselben Verfassers in Winkelmanns Handbuch V, 2: Magnetismus der verschiedenen Körper, Beziehungen des Magnetismus zur Mechanik, Beziehungen des Magnetismus zur Wärme, Elektromagnetismus und Erdmagnetismus, die bis zu den angegebenen Zeitpunkten auf den derzeitigen Standpunkt dieser Wissenszweige gebracht sind. Dem Referenten erscheint ein derartiges Verfahren in der heutigen Zeit der größten ökonomischen Not sehr verwerflich. Warum muß denn all das Alte, schon vor vielen Jahren Gedruckte immer und immer wieder neu wiederholt werden, warum schreibt man nicht Ergänzungen zu dem schon Vorhandenen, wie es etwa Koenigsberger getan hat? Der Anschaffungspreis des Handbuches würde dadurch ein sehr viel geringerer werden, wodurch das Buch mehr verbreitet und größerer Nutzen gestiftet würde.

Im Kapitel Erdmagnetismus ist als ganz neu hervorzuheben die elektrische Sonnenstrahlung und die darauf beruhende Theorie der magnetischen Störungen und des Polarlichtes von Birkeland und Störmer.

Den eben gerügten Fehler vermeidet Diesselhorst bewußt in seinem sehr schönen, in sich abgerundeten Artikel Elektrodynamik (Literatur bis 1917). Die experimentellen Grundlagen stellt er in größter Kürze voran und verweist dabei auf die älteren Handbücher, in denen diese schon oft in aller Ausführlichkeit dargestellt wurden, er kann das um so mehr tun, als hier Neues kaum hinzugekommen ist. Der Hauptwert in der Darstellung der Elektrodynamik wird dagegen auf die Entwicklung der theoretischen Begriffe und ihrer mathematischen Formulierung gelegt. Diesselhorst macht in weitgehender Weise von der Vektoranalysis Gebrauch, eine ausführliche Zusammenstellung vektoranalytischer Formeln (Vektoralgebra, Nablaoperator, Integralumformungen, Vektorfelder, Tensor- und Affinorrechnung, Verschiebungen, krummlinige Koordinaten) mit Beweisen ist vorangestellt.

Edgar Meyer.

F. Förster, Elektrochemie wässeriger Lösungen. (Handbuch der angewandten physikalischen Chemie, herausgegeben von G. Bredig, Band I). Dritte Auflage. XX und 900 S. mit 185 Abb. im Text. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1922. Brosch. M. 200.—, geb. M. 230.—.

Von der dritten Auflage dieses Handbuches kann nur dasselbe gesagt werden, was für die beiden vorhergehenden Auflagen[1]) galt: es ist nicht nur ein erstklassiges Handbuch, es hat vielmehr auch den Charakter als Lehrbuch gewahrt. Die im großen und ganzen nicht sehr wesentlichen Veränderungen gegenüber der zweiten Auflage bestehen hauptsächlich in Umarbeitungen und Ergänzungen, die durch den Fortschritt der Wissenschaft notwendig geworden sind. Hiervon sind insbesondere die Kapitel über die Grundzüge der elektrolytischen Dissoziation, die elektrische Leitfähigkeit, Elektroosmose und das anodische Verhalten von Legierungen betroffen worden. Besondere Berücksichtigung haben dabei im ersterwähnten Kapitel die von Kossel u. a. entwickelten Anschauungen über heteropolare Verbindungen und deren Dissoziation erfahren. Im Abschnitt über das anodische Verhalten von Legierungen sind insbesondere die eingehend gewürdigten Arbeiten Tammanns über die Angreifbarkeit von aus Mischkristallen bestehenden Legierungen hinzugekommen. Die Literaturnachweise sind bis in die neueste Zeit ergänzt worden. W. Hückel.

W. Wien, Aus der Welt der Wissenschaft. Vorträge und Aufsätze. gr. 8°. 320 S. Mit 3 Fig. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1921. Geb. M. 60.—.

Das Buch ist eine Sammlung von Vorträgen und Aufsätzen, die meist aus den letzten 10 Jahren stammen und sich an „alle, die Interesse für wissenschaftliche Fragen haben," wenden. Die beiden ersten, von 1914 und 1920, über die neuere Entwicklung unserer Universitäten und über die Beziehungen der Physik zu anderen Wissenschaften sind allgemeinen Inhalts. Der letztere schildert den Einfluß nicht nur der Resultate und Methoden der Physik, sondern auch ihrer Denkweise auf Mathematik, Astronomie, Chemie, Biologie und Medizin, dann aber auch auf die „Geisteswissenschaften", auf Philosophie und Geschichte, ja sogar auf Jurisprudenz und Theologie in einer Weise, die für den Laien wie für den Physiker von größtem Interesse ist. Dann folgen Aufsätze über wissenschaftliche Persönlichkeiten, über Röntgen, Boveri, Helmholtz, Mathias Cantor und Poincaré. Der letzte Teil enthält allgemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge: Über Elektronen, die Gesetze der Wärmestrahlung, Plancks Strahlungstheorie, Ziele und Methoden der theoretischen Physik, neuere Errungenschaften der Physik, Physik und Erkenntnistheorie, Physik und Technik, die Relativitätstheorie vom Standpunkt der Physik und Erkenntnistheorie.

Daß der Verfasser hier auch die älteren Vorträge, z. B. den über Elektronen vom Jahre 1905, unverändert abdrucken lassen konnte, wenn auch durch zahlreiche Anmerkungen nach dem jetzigen Standpunkt der Physik ergänzt, zeigt deutlich, wie er es versteht, das wissenschaftlich Wesentliche und Dauernde scharf kritisch von dem augenblicklich Sensationellen zu sondern. Alle diese Vorträge sind klassische Beispiele für eine gemeinverständliche Darstellung, die die Physik als Bildungselement auf weite Volkskreise wirken lassen will, und stehen in wohltuendem Gegensatz zu den vielen populären Darstellungen physikalischer Fragen, die jetzt den Büchermarkt füllen. Das zeigt auch der letzte Aufsatz, in dem sich der Verfasser dagegen verwahrt „wissenschaftlich Ungeschulte in die Relativitätstheorie einführen zu wollen", sondern nur „in möglichst einfacher Weise darzustellen, wie man zur Relativitätstheorie gelangt ist, welche Ziele sie verfolgt, was sie leistet und welcher Erkenntniswert ihr zuzuschreiben ist". E. Götting.

[1]) Diese Zeitschr. **6**, 751, 1905; **17**, 39, 1916.

P. Meth, Theorie der Planetenbewegung. 2. umgearbeitete Auflage. 8°. IV u. 60 S. Mit 15 Fig. im Text und einer Tafel. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner. 1921. M. 5.—.

Dies Bändchen aus der von Lietzmann und Witting herausgegebenen „Mathematisch-physikalischen Bibliothek" enthält eine gegen die erste Auflage (vgl. diese Zeitschr. Bd. 14) etwas umgearbeitete Darstellung der Planetenbewegung, die nur die elementaren mathematisch-physikalischen Kenntnisse eines Primaners benutzt und leicht verständlich in die Methoden der Bahnbestimmung, die Zeitrechnung und die Gravitation einführt. E. Götting.

E. Grimsehl, Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. In 2 Bänden, herausgegeben von Dr. W. Hillers (Hamburg) unter Mitarbeit von Dr. H. Starke (Aachen). Bd. I: Mechanik, Wärmelehre, Akustik, Optik. gr. 8°. XVI u. 1029 S. mit 1049 Fig. im Text, 10 Fig. auf farbigen Tafeln und einem Bildnis Grimsehls. 5., vermehrte u. verbesserte Aufl. Bd. II: Magnetismus und Elektrizität. VIII u. 634 S. mit 548 Fig. im Text. 4., vermehrte u. verbesserte Aufl. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner. 1921 bzw. 1920. Geh. M. 32.— bzw. M. 22.— u. Teuerungszuschlag.

Das aus dem Unterricht an der Oberrealschule hervorgegangene und ursprünglich auch für diesen Unterricht bestimmte Lehrbuch ist bald weit über diesen Rahmen hinausgewachsen und wird wohl jetzt hauptsächlich von den Physiklehrern an höheren Schulen und von Studenten neben den Vorlesungen zur Erweiterung und Befestigung ihres physikalischen Wissens benutzt. Daß es dazu sich hervorragend eignet, zeigt die rasche Aufeinanderfolge der Auflagen. Es gilt jetzt als eins der besten Lehrbücher der Physik für diese Zwecke. In klarer anschaulicher Darstellung, durch vortreffliche Bilder und Figuren unterstützt, gibt das Buch einen ausgezeichneten Überblick über die gesamte Experimentalphysik bis zu den neuesten Ergebnissen der Forschung, gewährt einen guten Einblick in die Methoden der wissenschaftlichen Forschung und stellt die Anwendungen der Physik in der Technik, Meteorologie usw. in einem Umfange dar, wie wohl kaum ein anderes Lehrbuch gleicher Art. Für den Lehrer der Physik hat das Buch noch besonderen Wert durch die schönen Demonstrationsmethoden, die teils von Grimsehl selbst erfunden teils von ihm in eigenartiger Weise verbessert sind.

Der dritten Auflage, die in Bd. 18 dieser Zeitschr. angezeigt ist, folgte sehr rasch die vierte und jetzt von Bd. I schon die fünfte. In ihnen haben die Bearbeiter unter sorgfältiger Wahrung der Eigenart der Grimsehlschen Darstellung den Stoff durch die Resultate der neueren Forschung ergänzt und vor allem auch die die Grundlagen und die Methoden der theoretischen Physik so wesentlich verändernden neuen Anschauungen und Hypothesen verständlich zu machen gesucht. Die Relativitätstheorie hat nur Einfluß auf die Fassung der Begriffe der Kraft, Masse und Trägheit ausgeübt. Dagegen wird von den neuen Anschauungen über Atom- und Molekülbau, über Elektronen, Quantentheorie und Bohrsche Strahlungstheorie eine recht umfassende, leicht verständliche Darstellung gegeben. Im Zusammenhang damit ist z. B. die mechanische Wärmetheorie stark erweitert in den Abschnitten über statistische Mechanik, Entropie und Wahrscheinlichkeit, kinetische Wärmetheorie, zweiten Hauptsatz und seine Anwendungen; ebenso ist die Elektrizitätslehre ergänzt durch die Forschungsresultate über Kathoden- und Röntgenstrahlen, über radioaktive Substanzen, das periodische System und die Bedeutung der Ordnungszahlen. Aber auch sonst haben die theoretischen Abschnitte wesentliche Umarbeitungen und Erweiterungen erfahren. Ebenso wichtig sind aber auch die Ergänzungen durch die neuesten Anwendungen der Physik auf die Technik z. B. bei den Wechselströmen, den elektrischen Schwingungen, den Röhrensendern und -verstärkern, die durch viele Bilder und Figuren erläutert sind. Zur Erleichterung des Verständnisses sind öfter Zahlenbeispiele für die Berechnungen zugefügt. Auch die historischen Angaben und Worterklärungen sind stark vermehrt; dabei ist das Streben bemerkenswert, Fremdwörter durch gute deutsche Bezeichnungen zu ersetzen. Um Raum für die Ergänzungen zu gewinnen, ohne den Umfang zu stark zu vermehren, ist manches gekürzt worden, z. B. sind die rein mathematischen Abschnitte über Infinitesimalrechnung fortgefallen, aber der alte Grimsehlsche Geist ist auch in der neuen Form durchaus gewahrt. Das Buch wird auch weiter seinen Platz unter den besten Lehrbüchern der Physik behaupten und sich viele neue Freunde gewinnen. E. Götting.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1922.

Universität Prag. **Frank**: Theorie der Gravitation, 3; Mechanik der starren Körper, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Fürth), 2. — **Fürth**: Wärmeleitung und Diffusion, 2; Experimentalphysik, 5. — **Spitaler**: Atmosphärische Elektrizität, 3; Physik des Meeres, 2. —

Meyer: Experimentalchemie II, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*. — **Rothmund**: Physikalische Chemie II, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4*g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend, *g*. — **Wagner**: Physikalisch-chemische Meßmethoden, 2. — **Kirpal**: Pharmazeutische Chemie, 4; Chemische Übungen für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend. — **Morgenstern**: Über die Konstitutionsermittlung der wichtigsten Alkaloide aus der Opiumgruppe, Chinagruppe, Solanaceengruppe und Corydalisgruppe, 1. — **Sigmund**: Gärungschemie, 1. — **Halla**: Analytische Chemie, 3. —

Pick: Gleichungen (Fortsetzung), 3; Anfangsgründe der Zahlentheorie (Fortsetzung), 2; Übungen im Seminar, 2*g*. — **Funk**: Variationsrechnung, 2. — **Berwald**: Differentialgeometrie II, mit Übungen, 3; Vektoranalysis, 2. — **Winternitz**: Infinitesimalrechnung II: Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Die Quadratur des Kreises: Transzendenz-Beweis, 1. — **Mack**: Kurs für geometrisches Zeichnen und darstellende Geometrie, 3*g*. — **Prey**: Mechanik des Himmels (Fortsetzung), 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. —

Tagesereignisse.

Ferienkurse in Jena, für Damen und Herren, 2. bis 15. August 1922. Das Programm der diesjährigen Ferienkurse in Jena ist jetzt erschienen; es ist wieder außerordentlich reichhaltig. Die naturwissenschaftliche Abteilung weist folgende Themen auf: Naturphilosophie und idealistische Weltanschauung (Prof. Dr. Detmer), Die Biologie im botanischen Schulunterricht mit Anleitung zu pflanzenphysiologischen Schulexperimenten (Prof. Dr. Detmer), Anleitung zu botanisch-mikroskopischen Untersuchungen (Dr. Weber), Tierkunde und Entwicklungslehre (Prof. Dr. Franz), Zoologische Übungen (Prof. Dr. Franz), Ausgewählte Kapitel der Chemie (Prof. Dr. Kaufmann), Populäre Astronomie (Prof. Dr. Knopf), Zeit- und Ortsbestimmungen (Prof. Dr. Knopf), Das moderne Weltbild auf der Grundlage der Relativitätstheorie (Prof. Dr. Auerbach), Einführung in die allgemeine Geologie (Dr. Heide), Das Wasser unter der Herrschaft des Menschen (Prof. Dr. Halbfaß), Bau und Tätigkeit des Gehirns (Prof. Dr. Noll), Physiologische Psychologie (Prof. Dr. Berger). — Außerdem finden noch Kurse in folgenden Gebieten statt: Philosophie, Pädagogik, Hauswirtschaft, Kurse über das abnorme Kind; Kurse über Volkswirtschaft, Staat und Gesellschaft; Literatur und Kunst; Fremde Sprachen; Deutsch für Ausländer; Rhythmische Kurse. — Programme versendet kostenfrei das Sekretariat der Ferienkurse, Jena, Carl-Zeiß-Platz 3, Frl. Cl. Blomeyer.

Personalien.

(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Universität Münster (nicht in München, wie S. 208 bemerkt) Dr. Hermann Rohmann für Physik.

Ernannt: Der Privatdozent an der Universität Frankfurt a. M. Dr. Alfred Brill zum a.o. Professor der Astronomie ebendaselbst, die Regierungsräte, Professoren bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin Dr. Ernst Gehrcke, Dr. E. Giebe, Dr. Friedrich Göpel, Dr. Friedrich Grützmacher, Dr. Fritz Henning, Dr. Friedrich Hoffmann, Dr. Harald Schering, Dr. Otto Schönrock, Dr.-Ing. G. A. Schulze, Dr. Hellmuth v. Steinwehr zu Oberregierungsräten.

Berufen: Der a. o. Professor an der Universität Münster Dr. Adolf Kratzer zum ord. Professor für theoretische Physik an der Universität Tübingen.

Verliehen: Der Titel Professor dem Dozent für analytische Chemie an der Universität Paris Auger, dem Dozent für Mineralchemie an der Universität Paris Guichard, dem Dozent für analytische Chemie an der Universität Lille Jouniaux.

Gestorben: Der emeritierte ord. Professor der Physik an der Universität Zagreb (Agram) Dr. Vinzenz Dvorak, der Direktor des R. Istituto Tecnico Superiore in Mailand Senator Cesare Saldini.

Gesuche.

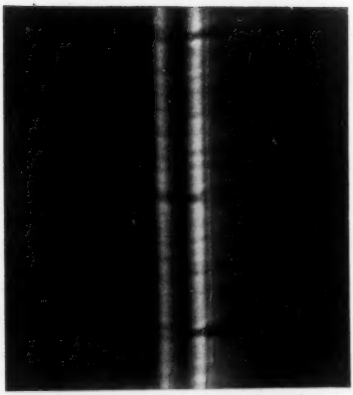
Promovierter Physiker

sucht Stellung.

Angebote unter **S. 69** an die Anzeigen-Annahme

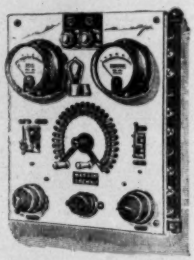
D. Schürmann, Düsseldorf.

Für die Schriftleitung verantwortlich Dr. Erich Hückel in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.



Max Kohl A.G. Chemnitz

Volleingezahltes Kapital Mk. 2400000.



50471. Experimentier-Schalttafel Type A_1, 110 Volt, 30 Amp.

Physikalische Apparate

Funken-Induktoren
Ölluftpumpen
Experimentier-Schalttafeln
Projektions-Apparate
Laboratorienmöbel

in gediegener Ausführung.

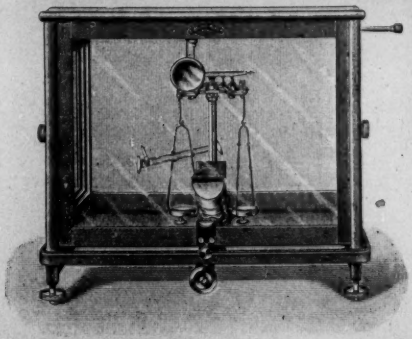
Weltausstellung Brüssel 1910: 4 Grosse Preise; Turin 1911: 2 Grosse Preise; Dresden 1911: Grosser Preis.

Sartorius-Werke A.-G. Göttingen

Prov. Hannover

Analysen- und Präzisions-Wagen

für feine und feinste Wägungen in bekannt sauberster Ausführung.



Sartorius'-Mikro-chemische Analysenwage.

D. R. G. M. 786129—796130

*

Unsere Fabrikate sind in allen einschlägigen Geschäften zu Originalpreisen erhältlich.

Katalog „Präcis 46" kostenfrei.

Arthur Pfeiffer, Wetzlar

Gegründet 1890

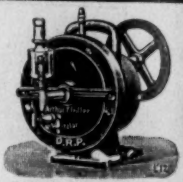
Fabrik physikalischer, chemischer und technischer Apparate

Rotier. Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Pfeiffer. D. R. P.

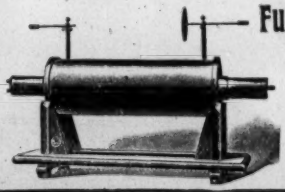
Spezialfabrik für Hochvakuumpumpen

zu wissenschaftlichen und technischen Zwecken

Alle Arten Luftpumpen, Kolben-Ölluftpumpen, rotierende Ölluftpumpen, rotierende Quecksilberluftpumpen für Betrieb und Laboratorium



Rotierende Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Gaede. D. R. P.



Funkeninduktoren bis 1000 mm Funkenlänge

Normaltypen von 6—1000 mm Funkenlänge mit Unterbrechern aller Art

Spezial-Funkeninduktoren für technische und wissenschaftliche Zwecke

Listen kostenlos von Abteilung E verlangen.

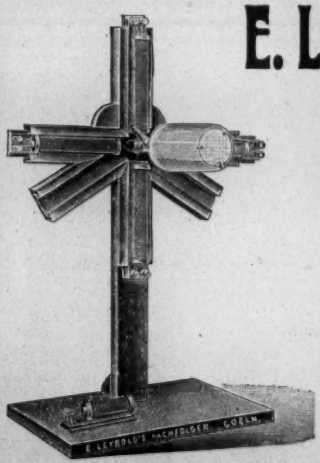
E. Leybold's Nachfolger

Cöln a/Rhein

Fabrik physikalischer Apparate

Zweigniederlassung:

Berlin NW 7, Dorotheenstraße 53



Universalstativ für Braun'sche Röhre nach Simon und Reich.

Projektionsapparate für Diaskopie und Episkopie

Hochvakuumpumpen nach Gaede

Katalog, enthaltend 16000 Nummern, wird Instituten auf Wunsch übersandt.

Für den Anzeigenteil verantwortlich S. Hirzel in Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.